

向思敏, 刘园, 王江波, 等. 新梨7号及其亲本果皮挥发性物质的比较分析[J]. 华中农业大学学报, 2021, 40(5): 108-115.

DOI: 10.13300/j.cnki.hnlkxb.2021.05.014

新梨7号及其亲本果皮挥发性物质的比较分析

向思敏¹, 刘园¹, 王江波^{2,3}, 邵建柱⁴,
张红艳¹, 吴翠云^{2,3}, 唐章虎⁵, 徐娟¹

1. 园艺植物生物学教育部重点实验室/华中农业大学园艺林学学院, 武汉 430070;

2. 新疆特色果树高效优质栽培与深加工技术国家地方联合工程实验室/塔里木大学植物科学学院, 阿拉尔 843300;

3. 新疆生产建设兵团塔里木盆地生物资源保护与利用重点实验室, 阿拉尔 843300;

4. 河北农业大学园艺学院, 保定 071000; 5. 新疆农业科学院轮台国家果树资源圃, 轮台 841600

摘要 采用顶空固相微萃取法(HS-SPME)结合气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)对采自新疆阿拉尔和河北保定商业成熟期的新梨7号(*Pyrus sinkiangensis* ‘Xinli No. 7’)果皮挥发性物质进行测定,并将其与来自新疆阿拉尔的早酥(*P. bretschneideri* Rehd ‘Zaosu’, 父本)和库尔勒香梨(*P. sinkiangensis* ‘Korla’, 母本)进行挥发性物质谱差异分析,探索梨果实杂交后代挥发性物质谱的变化。结果显示:所有样品中共检测出119种挥发性成分;分别在新疆和河北的新梨7号及其父母本中检测到55、53、56和100种挥发性物质。两地新梨7号果皮样本中挥发性物质总含量分别是其父本的4.52和2.48倍,母本的0.47和0.26倍。同时,新梨7号的挥发性物质分别较父母本减少了8和42种物质,但增加了(*E*)-2-辛烯醛、1-十二烯、柏木脑、2-庚酮、2-癸酮和1,2,4,5-四甲基-苯等6种物质。己醛、(*E*)-2-己烯醛是两者共有的含量最高成分,新梨7号果皮中(*E*)-2-己烯醛及己醛等7种物质含量偏向于高值亲本,30种物质含量接近低值亲本。总体来看,杂交后代新梨7号的挥发性物质种类较父母本有所减少,但新增了6种;在总含量上高于父本、低于母本;不同产地对新梨7号的挥发性物质谱有影响。

关键词 新梨7号(*Pyrus sinkiangensis* ‘Xinli No. 7’); 库尔勒香梨(*P. sinkiangensis* ‘Korla’); 早酥(*P. bretschneideri* Rehd ‘Zaosu’); 种间杂交; 挥发性物质; 果实品质; 果实风味

中图分类号 S 661.2 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2021)05-0108-08

早酥(*Pyrus bretschneideri* Rehd ‘Zaosu’)是以苹果梨(*P. bretschneideri* Rehd ‘Pingguoli’)为母本、身不知(*P. communis* ‘Shenbuzhi’)为父本通过有性杂交培育的适应性极强的早熟梨品种,是杂交育种的优良骨干亲本^[1]。库尔勒香梨(*P. sinkiangensis* ‘Korla’)属于新疆梨系统,原产新疆库尔勒地区,是瀚海梨(*P. sinkiangensis* ‘Hanhai’)和鸭梨(*P. bretschneideri*)的后代,其果实香味浓郁,汁多味甘^[2]。新梨7号(*P. sinkiangensis* ‘Xinli No. 7’)是塔里木大学于1985年以库尔勒香梨作母本、早酥作父本经过有性杂交选育而成。在新疆阿克苏地区表现为大果、绿皮、色泽鲜艳、多汁味甜且

早熟^[3]。新梨7号遗传了父本早熟性,且较其更早熟15~20 d;同时,遗传了母本的优良品质性状,如质地酥脆、耐贮、清香和阳面红晕等,且较母本果实大、果心小^[4]。

杂交育种可以将双亲不同的优良性状传递给后代,在产量、生长发育特性、抗逆性、适应性和品质性状的优化等方面均有很好的表现,提升香气品质也是其中的研究热点之一。怡人的香气有利于吸引消费者购买水果,随着国际市场对果实品质的要求越来越高,对水果中挥发性物质谱的研究也已成为果实品质的重要研究方向^[5]。果实香气物质成分主要包括挥发性的脂肪酸、氨基酸,以及由次生代谢产生

收稿日期: 2021-01-31

基金项目: 兵团南疆重点产业发展支撑计划项目(2017DB006-2)

向思敏, E-mail: xsimin@webmail.hzau.edu.cn

通信作者: 徐娟, E-mail: xujuan@mail.hzau.edu.cn

的酯类、醇类、酮类、醛类、萜类和酚类化合物等^[6-7]。葡萄中各挥发性物质含量在后代中呈广泛分离,是多基因控制的数量性状,而且香叶醇的表达在杂交后代中增强^[8]。对甜瓜及其杂交后代的挥发性成分研究发现,大部分酯类化合物含量在F1代果实中居于双亲之间,且偏向于高值亲本,而醛类、醇类及其他类化合物在F1代均表现为接近低值亲本^[9]。寒富苹果(*Malus pumila* Mill ‘Hanfu’,母本)与四倍体嘎啦(*M. pumila* Mill ‘Gala’,父本)杂交产生的后代三倍体苹果中果实品质均倾向于父本遗传^[10]。张文君等^[11]对不同种间杂交梨果的挥发性成分进行SPME-GC-MS分析时发现,酯类、醛类、烷烃类、酮类、烯炔类及醇类物质的种类与含量决定了果实的香气差异性。前期研究表明,库尔勒香梨的挥发性物质以果皮中种类和含量为最高,其中醛类和酯类物质含量占总挥发性物质的90%^[12-13]。

本研究采用HS-SPME-GC-MS方法,对库尔勒香梨和早酥的杂交后代新梨7号的果皮挥发性物质进行评价和比较分析,旨在为后续探索梨果实芳香品质的形成机制提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2018年8月1日于河北省保定市竞秀区四台村采集“新梨7号(河北)”商业成熟期果实。2018年8月10日于塔里木大学南疆特色果树种质资源圃采集的“新梨7号(新疆)”、“库尔勒香梨”和“早酥”,均为商业成熟期果实。鲜果运回后每5个果实为1组,共3组重复,用手术刀将果皮组织分离,于-80℃冰箱保存。

1.2 仪器设备与试剂

气相色谱质谱联用仪TRACE GC Ultra结合DSQ II mass spectrometer(Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA),50/30 μm DVB/CAR on PDMS萃取头(上海安谱实验科技股份有限公司),DTA-33超声波清洗机(鼎泰(湖北)生化科技设备制造有限公司),H1850R医用离心机(湖南湘仪实验室仪器开发公司)。

试剂来源:C10-C40正构烷烃混标(色谱纯,上海安谱实验科技股份有限公司);壬酸甲酯(色谱纯,上海源叶生物科技有限公司);氯化钠(分析纯,国药集团化学试剂有限公司)。

1.3 HS-SPME-GC-MS检测挥发性物质

梨挥发性物质的提取和检测分析参考文献^[11]进行。

顶空-固相微萃取(HS-SPME):将样品研磨成粉末,取2.50 g置于15 mL顶空瓶中,加入5 mL 30% NaCl(m/V,含内标壬酸甲酯0.1 μL/100 mL),加盖密封;40℃水浴15 min,顶空吸附15 min。

气相色谱-质谱(GC-MS):色谱柱为TRACE TR-5 MS柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm, Thermo Scientific, Bellefonte, PA, USA)。载气为高纯氦气(99.999%),恒流模式,流速1 mL/min。离子源(70 eV)正离子扫描模式,扫描范围45~400 m/z。进样口,离子源和传输线的温度分别为250、260和280℃。升温程序为40℃保持3 min,以3℃/min的速度升温至160℃并保留1 min,然后以5℃/min的速度升温至200℃并保留1 min,最后以8℃/min的速度升温至240℃并保留1 min,不分流模式。

通过匹配计算机质谱数据库(NIST05)和计算保留指数^[12]对挥发性物质进行定性分析,并采用内标法进行相对定量。

1.4 数据统计与分析方法

数据统计分析及柱形图绘制采用Excel(MS office 2016, Microsoft, CA, USA)和GraphPad Prism 5(GraphPad Software Inc., San Diego, CA, USA)。差异显著性分析利用SPSS(SPSS 20.0, IBM, NY, USA)的ANOVA程序进行。

2 结果与分析

2.1 新梨7号及其亲本挥发性物质种类的变化

新梨7号及其亲本中共检测出119种挥发性成分,其中有酯类23种、烷烃19种、醇类17种、萜烯类16种、醛类14种、脂肪酸9种、芳烃9种、烯炔7种和酮类5种(因数据量较大,文中未列出)。

新梨7号中共检测到55(新疆阿拉尔)和53种(河北保定)挥发性物质,父本早酥梨中有56种挥发性物质,母本库尔勒香梨有100种(表1)。

与父本相比,新梨7号中的挥发性物质增加了19种,含醛类4种、萜烯类1种、醇类1种、烷烃3种、酯类5种、芳烃1种、烯炔1种和酮类3种;减少了9种,含萜烯类3种、醇类2种、脂肪酸1种、烷烃2种及芳烃1种。

与母本相比,新梨7号中的挥发性物质增加了

11 种,含醛类 2 种、萜烯类 1 种、烷烃 1 种、酯类 2 种、含醛类 3 种、萜烯类 6 种、醇类 10 种、脂肪酸 8 种、种、芳烃 1 种、烯炔 1 种和酮类 3 种。减少了 41 种, 烷烃 1 种、酯类 7 种、芳烃 3 种及烯炔 3 种。

表 1 新梨 7 号及其亲本挥发性物质种类的变化

Table 1 Differences of volatile compounds between 'Xinli No. 7' and its parents

挥发性物质种类 Volatile compounds	新梨 7 号(新疆) 'Xinli No. 7' (Xinjiang)	新梨 7 号(河北) 'Xinli No. 7' (Hebei)	库尔勒香梨(新疆) Korla pear (Xinjiang)	早酥(新疆) Zaosu (Xinjiang)
醛类 Aldehydes	8	11	12	7
萜烯类 Terpenes	5	4	12	8
醇类 Alcohols	5	5	17	6
脂肪酸 Fatty acids	1	1	9	2
烷烃 Alkanes	15	9	16	13
酯类 Esters	11	12	21	11
芳烃 Aromatic hydrocarbons	4	4	7	5
烯炔 Olefins	3	2	5	2
酮类 Ketones	3	5	1	2
总计 Total	55	53	100	56

2.2 新梨 7 号及其亲本不同种类挥发性物质含量对比

新梨 7 号挥发性物质总含量及大部分挥发性物质种类含量均介于父母本之间,仅酮类物质含量显著高于其亲本(图 1)。

就酮类物质而言,新梨 7 号较父本新增了 2-庚酮、2-癸酮和 2-十一烷酮,较母本新增了 2-庚酮、6-甲基-5-庚烯-2-酮、2-癸酮和 2-十一烷酮。6-甲基-5-庚烯-2-酮和 2-壬酮的含量显著高于其亲本。

2.3 新梨 7 号及其亲本不同种类挥发性物质谱对比

新梨 7 号及其亲本的 9 类挥发性物质谱如图 2 所示,新梨 7 号的挥发性物质相对含量分布与亲代父本早酥之间具有更高的相似性。

4 种梨果中醛类物质含量占总挥发物的 58.04%~89.60%。新梨 7 号中比例高达 87.30% 和 89.60%,与父本相似(87.75%),约为母本的 1.5 倍。己醛、(E)-2-己烯醛、(E)-4-氧代己-2-烯醛、壬醛和癸醛是 4 种梨果中共有的挥发性化合物,提供青香味^[14]。(E)-2-辛烯醛仅在新梨 7 号中检出,具有清香味^[15]。萜烯类物质具有一定的花香味^[14],共鉴定出 9 种萜烯类物质,4 种梨果中萜烯类物质含量占总挥发物的 0.87%~13.08%。新梨 7 号中占比为 0.86% 和 1.00%,与父本的相对含量相似(1.23%),仅为母本的 0.06 倍。醇类物质的含量占

总挥发物的 1.10%~9.46%。新梨 7 号中的醇类物质占比均接近低值亲本父本早酥。酯类物质是提供果实主要香气的物质之一,大多具有果香味。4 种梨果酯类物质含量占总挥发物的 0.92%~3.20%。在新梨 7 号梨果中(E)-3-己烯-1-醇乙酸酯、乙酸己酯含量较高,分别具有果香和药草香(<http://www.flavornet.org/flavornet.html>)。

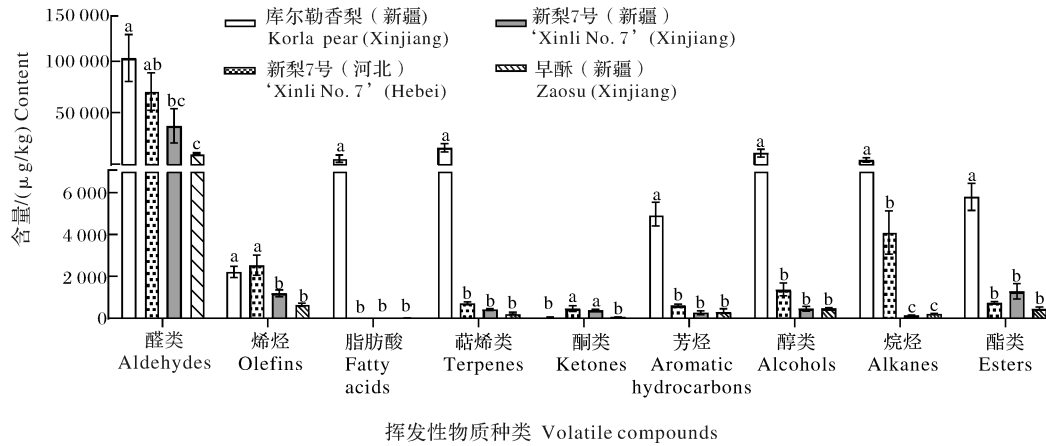
4 种梨果中脂肪酸类物质含量占总挥发物含量的 0.02%~6.31%。新梨 7 号中脂肪酸占比低于双亲。苯甲酸是 4 种受检梨果中唯一共有的脂肪酸类物质,新梨 7 号中的含量介于父母本之间。

其他挥发性物质种类中,新梨 7 号中芳烃相对含量显著低于双亲,烯炔的相对含量介于父母本之间,而酮类的相对含量显著高于双亲。

2.4 新梨 7 号及其亲本主要挥发性成分的对比

对比新梨 7 号及其亲本梨果中含量最高的 7 种挥发性成分(表 2)发现,新梨 7 号与父本早酥中有 6 种挥发性成分相同,较母本库尔勒香梨减少了 2 种萜烯类、1 种脂肪酸类和 1 种烷烃类物质。

4 种梨果含量最高的挥发性成分均为己醛和(E)-2-己烯醛,其在新梨 7 号中均显著高于父本早酥梨,偏向于高值亲本。而 d-柠檬烯的含量偏向于低值的父本早酥。除此之外,新梨 7 号中的(E,E)-2,4-己二烯、(Z)-1-乙氧基-4-甲基-2-戊烯和(E)-4-氧代己-2-烯醛的含量显著高于其双亲,而 α-法呢烯显著低于双亲。



同组不同小写字母表示经邓肯式新复极差检验, 差异达显著水平 ($P < 0.05$)。Different lowercase letters in the same group indicate that the difference has reached a significant level through Duncan's new multiple range test ($P < 0.05$).

图 1 新梨 7 号及其亲本香梨挥发性物质

Fig.1 Composition of volatile compounds in 'Xinli No. 7' and its parents

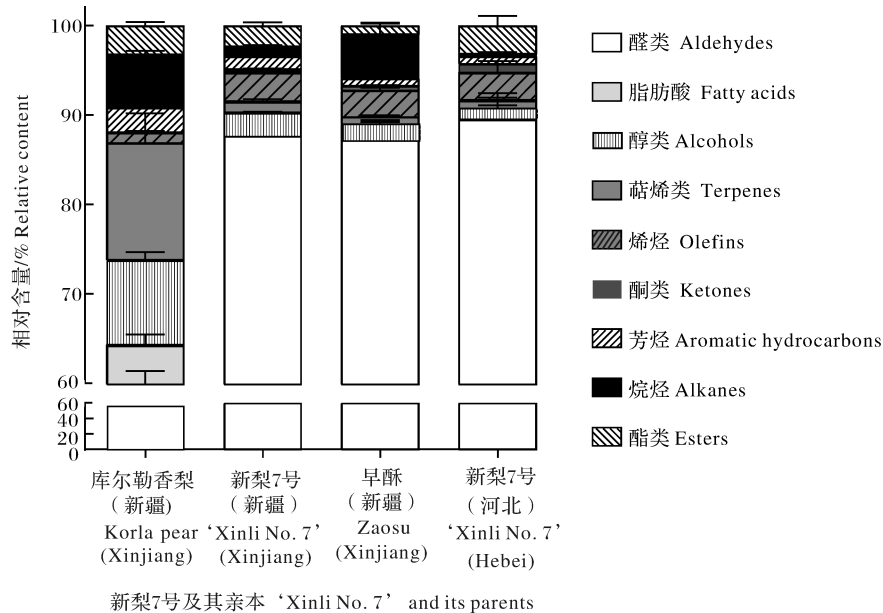


图 2 新梨 7 号及其亲本挥发性物质相对含量

Fig.2 Relative content of volatile compounds in 'Xinli No. 7' and its parents

表 2 新梨 7 号及其亲本主要挥发性物质含量对比 (前 7 种)

Table 2 Comparison of the concentrations of the main volatile compounds in 'Xinli No. 7' and its parents (top 7 compounds)

挥发性物质种类 Volatile compounds	新梨 7 号(新疆) 'Xinli No. 7'(Xinjiang)	新梨 7 号(河北) 'Xinli No. 7'(Hebei)	早酥(新疆) Zaosu(Xinjiang)	库尔勒香梨(新疆) Korla pear(Xinjiang)
己醛 Hexanal	42 887.55±12 424.81a	15 245.69±10 405.85ab	11 404.26±455.81b	34 807.03±10 321.07ab
(E)-2-己烯醛 (E)-2-hexenal	32 760.9±13 666.89a	28 305.43±20 113.24a	5 449.21±686.66b	70 060.95±21 789.48a
2-甲氧基-2-甲基-丙烷 2-Methoxy-2-methyl-propane	3 824.27±1 487.9	—	—	(2 003.61±947.94)
(E,E)-2,4-己二烯 (E,E)-2,4-Hexadienal	1 365.49±509.48a	572.34±233.15ab	415.66±55.44ab	(180.43±28.61)ab

μg/kg

续表 2 Continued Table 2

挥发性物质种类 Volatile compounds	新梨 7 号(新疆) 'Xinli No. 7'(Xinjiang)	新梨 7 号(河北) 'Xinli No. 7'(Hebei)	早酥(新疆) Zaosu(Xinjiang)	库尔勒香梨(新疆) Korla pear(Xinjiang)
1-己醇 1-Hexanol	1 283.44±447.24	436.94±157.09	472.38±32.01	(964.42±411.88)
(Z)-1-乙氧基-4-甲基-2-戊烯 (Z)-1-Ethoxy-4-methyl-2-pentene	1 113.86±209.77b	617.76±12.36bc	228.60±64.62c	(1 827.66±359.16)a
(E)-4-氧代己-2-烯醛 (E)-4-Oxohehex-2-enal	1 111.79±259.85a	553.91±29.07b	212.49±71.42b	(1 261±293.85)a
(E)-3-己烯-1-醇乙酸酯 (E)-Acetate-3-Hexen-1-ol	(491.83±43.91)	972.13±430.65	334.70±107.82	(586.21±377.57)
α -法呢烯 α -Farnesene	—	(40.68±27.62)b	(81.17±31.66)b	13 812.34±4 711.98a
<i>d</i> -柠檬烯 <i>d</i> -Limonene	(658.79±99.37)b	(348.99±51.20)b	(139.72±36.47)b	6 112.10±3 464.28a
正十六烷酸 <i>n</i> -Hexadecanoic acid	—	—	—	5 349.63±1 903.08
1-十四烷醇 1-Tetradecanol	—	(3.98±1.07)	—	4 028.82±1 441.63

注:数据显示为平均值±标准差;“—”表示该物质低于检测限水平。括号内为对比数据,未进入含量最高的前 7 名。小写字母表示品种间挥发性物质含量差异显著($P<0.05$)。下同。Note:Data were mean±standard deviation;“—”indicates the substance was under detection level. Values in brackets indicates comparative data, and does not enter the top 7 with the highest content. Small letters indicated significant differences of volatiles among cultivars, $P<0.05$. The same as follows.

2.5 两地新梨 7 号挥发性物质的对比

如表 3 所示,新疆和河北采集的新梨 7 号相比,前者样品中大部分挥发性物质含量显著高于后者,包括萜烯类、芳烃、醇类和烷烃。大部分不同种类的挥发性物质所包含的物质数相近,仅烷

烃类物质有差异,河北样品较新疆样品减少 6 种物质(表 1)。

两地的大部分挥发性物质含量介于亲本之间,且新疆样品中的萜烯类、烷烃和芳烃类物质总量显著高于河北样品。

表 3 两地新梨 7 号挥发性物质对比

Table 3 Comparison of volatile compounds between 'Xinli No. 7' in two places

 $\mu\text{g}/\text{kg}$

挥发性物质种类 Compounds	新疆 Xinjiang	河北 Hebei
醛类 Aldehydes	77 824.10±25 678.49	44 391.49±23 747.38
烯烃 Olefins	2 535.59±676.35	1 190.11±242.75
脂肪酸 Fatty acids	19.17±5.84	10.73±1.14
萜烯类 Terpenes	712.84±103.33	413.71±64.21*
酮类 Ketones	470.60±194.58	393.74±66.11
芳烃 Aromatic hydrocarbons	613.07±88.66	264.14±125.99*
醇类 Alcohols	1 371.54±432.83	459.73±160.57*
烷烃 Alkanes	4 091.99±1 464.24	142.24±32.87*
酯类 Esters	742.23±69.07	1 282.13±525.6
总计 Total	88 381.13±26 994.51	48 548.02±23 742.50

注:*表示间具有显著性差异的挥发性物质($P<0.05$)。* shows the volatiles with significant difference ($P<0.05$)。)

3 讨论

3.1 杂交品种新梨 7 号挥发性成分

种间杂交的梨果,品种较新,市场前景较好。张文君等^[11]研究了 5 种杂交梨果及其亲本的挥发性成分,通过聚类分析发现,受检梨果主要分为 2 组,与其杂交亲本的亲缘关系基本一致。本研究中,杂

交品种新梨 7 号的主要挥发性成分与亲本相似。新梨 7 号较父母本增加了 2 种挥发性物质,分别具有青香味和果香(<http://www.flavornet.org/flavornet.html>)。较母本减少了 42 种挥发性物质,总含量减少了约 51%,损失了多种具有油脂味的脂肪酸和具有花香味的萜烯类物质;较父本减少了 8 种挥发性成分,包括己酸、顺式芳樟醇氧化物、*L*-樟脑、 β -

环柠檬醛、对苯醌、香叶醇、1-十二烷醇和4,6-二甲基-十二烷,分别具有甜味、樟脑味、薄荷味、中药味、花香和刺激性异味。可以推测其香气特性较父母本都发生了较大改变,与实际上其香气浓郁度远低于库尔勒香梨的情况相符。但是,挥发性成分对果实香气的影响主要取决于风味阈值^[16],增加或减少的挥发性成分是否会影响果实风味,有待进一步开展挥发性成分的呈香阈值分析并设计感官评价实验来进行验证。

需要明确的是,本研究所采用的新梨7号只是其父母本杂交后代的单株,其他单株在育种过程中因经济性状较差、维护成本高而丢弃。因此,无法总结出挥发性物质代谢的遗传规律,对呈香相关物质的关键基因挖掘及香气品质形成机制的研究而言,尚需另寻他法。

3.2 不同产地对新梨7号挥发性成分的影响

即便是同一品种,产地不同则会产出品质不同的果实,甚至会有很大差异^[17]。在果实风味品质方面,变化较大的有可溶性固形物、果实硬度^[18]和挥发性成分等。李跃红等^[19]对7个不同产区刺梨的果实品质进行检测后发现,果实的营养品质维生素C含量和非必需微量元素具有较大差异。

本研究收集、分析了相隔较远的2个地点新梨7号的样品,可以大体比较不同环境对挥发性物质的影响。结果表明,两地挥发性物质种类相似,但新疆地区的新梨7号果皮中的萜烯类、烷烃和芳烃类物质总量更高(<http://www.flavornet.org/flavornet.html>)。由此可知,新疆地区种植的新梨7号挥发性成分表现更优。这可能与新疆的气候、土壤和水源等因素有关。魏树伟等^[20]采用顶空进样对采自山东省的新梨7号果实挥发性物质进行测定,同样鉴定到较高比例的己醛、(E)-2-己烯醛、1-己醇等物质,但总物质含量较低,仅为746.61 μg/kg,且仅鉴定到4种萜烯类物质,这与其检测的样品组织和挥发性物质的提取方式有关。同时,作为同一种基因型,新疆样品较父母本增加了(E)-2-辛烯醛、1-十二烯、苯甲酸和柏木脑;河北样品中增加了(E)-2-辛烯醛、苯甲酸、2-庚酮、2-癸酮和1,2,4,5-四甲基-苯。与父母本相比,两地新梨7号中有46种挥发性物质变化相似,只有8种物质变化有所差异,包括苯乙醛、异佛尔酮、α-法呢烯、1,2-二甲基-苯、1-甲基-4-

(1-甲基乙基)-环己醇、2,6,10-三甲基-十四烷、2,6,11,15-四甲基十六烷和丁酸己酯。这8种挥发性物质中有7种物质含量在父母本和新梨7号中均存在且含量较低,只有α-法呢烯(果香味)仅在河北新梨7号中存在,而新疆新梨7号中未检测到该物质,同时其在库尔勒香梨中含量很高。因此,环境对新梨7号的挥发性物质种类和含量都有影响,进而影响其香气品质。

参考文献 References

- [1] 姜淑琴,王斐,欧春青,等. 中国农业科学院果树研究所梨育种工作回顾与展望[J]. 中国果树,2019(2):113-116. JIANG S L, WANG F, OU C Q, et al. Review and prospect of pear breeding work of Institute of Fruit Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences[J]. China fruits, 2019(2):113-116 (in Chinese).
- [2] 张钊,王野苹. 香梨品种种源问题的探讨[J]. 果树科学, 1993(2):113-115. ZHANG Z, WANG Y P. Discussion on provenance of fragrant pear varieties[J]. Journal of fruit science, 1993(2):113-115 (in Chinese).
- [3] 库热什,阿依先木,王新建,等. 新梨7号在新疆阿克苏地区的表现[J]. 河北林业科技,2004(4):18-20. KU R S, A Y X M, WANG X J, et al. Performance of Xinli No.7 in Aksu Region, Xinjiang[J]. Journal of Hebei forestry science and technology, 2004(4):18-20 (in Chinese).
- [4] 刘建萍,阎春雨,程奇,等. 早熟、优质、耐贮梨新品种新梨7号选育研究[J]. 果树学报,2002(1):36-38. LIU J P, YAN C Y, CHENG Q, et al. Breeding of new pear variety Xinli No.7 with characters of early maturity, best quality and long storage life [J]. Journal of fruit science, 2002(1):36-38 (in Chinese with English abstract).
- [5] 乜兰春,孙建设,黄瑞虹. 果实香气形成及其影响因素[J]. 植物学通报,2004(5):631-637. NIE L C, SUN J S, HUANG R H. The biosynthesis and affecting factors of aroma in some fruits [J]. Chinese bulletin of botany, 2004(5):631-637 (in Chinese with English abstract).
- [6] 黄苏婷,杭方学,陆海勤,等. 水果挥发性香气成分研究进展[J]. 轻工科技,2019,35(2):1-4. HUANG S T, HANG F X, LU H Q, et al. Research progress on volatile components of fruits [J]. Light industry science and technology, 2019, 35(2):1-4 (in Chinese).
- [7] 樊玉花,瞿素萍,王珍珍,等. 香味茶花远缘杂交亲本云南核果茶(*Pyrenaria yunnanensis* Hu)香气成分分析[J]. 江苏农业科学,2020,48(2):198-202. FAN Y F, QU S P, WANG Z Z, et al. Analysis of aroma components of the distant hybrid parent of scented camellia, Yunnan Stone Fruit Tea (*Pyrenaria yun-*

- nanensis* Hu) [J]. Jiangsu agricultural science, 2020, 48(2): 198-202(in Chinese).
- [8] 郭印山, 杨晓旭, 苏凯, 等. 葡萄杂交后代果实香气物质含量及遗传倾向研究[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2017(4): 36-39, 43. GUO Y S, YANG X X, SU K, et al. Research on aroma substance content and genetic tendency of hybrid offspring in grape berries[J]. Sino-overseas grapevine & wine, 2017(4): 36-39, 43(in Chinese with English abstract).
- [9] 张少慧, 刘莉, 周莉, 等. 甜瓜不同变种及其杂交后代的香气特征研究[J]. 西北植物学报, 2015, 35(4): 816-823. ZHANG S H, LIU L, ZHOU L, et al. Study on aroma characteristics of different combinations crossed from different varieties of *Cucumis melo* L. [J]. Acta botanica boreali-occidentalia sinica, 2015, 35(4): 816-823(in Chinese with English abstract).
- [10] 王玉霞, 李林光, 王海波, 等. 三倍体苹果杂交后代及其亲本果实香气及品质分析[J]. 经济林研究, 2013, 31(4): 82-86, 97. WANG Y X, LI L G, WANG H B, et al. Analysis on flavor compounds and quality of apple fruits of triploid hybrid progenies and their parents[J]. Nonwood forest research, 2013, 31(4): 82-86, 97(in Chinese with English abstract).
- [11] 张文君, 王颖, 李慧冬, 等. 不同种间杂交梨果的 SPME-GC/MS 香气成分分析[J]. 食品工业科技, 2020, 41(11): 251-260, 266. ZHANG W J, WANG Y, LI H D, et al. Analysis of aroma component for different pears of interspecific hybridization by solid phase micro-extraction combined with gas chromatography-mass spectrometry[J]. Science and technology of food industry, 2020, 41(11): 251-260, 266(in Chinese with English abstract).
- [12] 向思敏, 刘园, 王雪其, 等. 基于 HS-SPME-GC-MS 方法的不同倍性库尔勒香梨果实风味相关代谢物质的变化[J]. 华中农业大学学报, 2020, 39(1): 53-60. XIANG S M, LIU Y, WANG X Q, et al. Difference of fruit qualities between different ploidy Korla Pear based on HS-SPME GC-MS analysis[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2020, 39(1): 53-60(in Chinese with English abstract).
- [13] 刘园, 向思敏, 王江波, 等. 库尔勒香梨挥发性物质及初生代谢物的 GC-MS 分析[J]. 华中农业大学学报, 2020, 39(1): 44-52. LIU Y, XIANG S M, WANG J B, et al. GC-MS analyses of volatiles and primary metabolites in Korla Pear fruit[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2020, 39(1): 44-52(in Chinese with English abstract).
- [14] 秦改花. 梨果实挥发性芳香物质组成及其形成特征分析[D]. 南京: 南京农业大学, 2012. QIN G H. Analysis on volatile aroma constituent and its formation characteristics of pears[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2012(in Chinese with English abstract).
- [15] 扎西穷达, 刘吉爱, 李姣, 等. 糌粑中风味物质研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(5): 53-58. ZHAXI Q D, LIU J A, LI J, et al. Study on the flavor substances of Zanba[J]. Food research and development, 2019, 40(5): 53-58(in Chinese with English abstract).
- [16] 张上隆, 陈昆松. 果实品质形成与调控的分子生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 184-207. ZHANG S L, CHEN K S. Molecular physiology of fruit quality formation and regulation [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2007: 184-207(in Chinese).
- [17] 蒋际谋, 胡文舜, 许奇志, 等. 枇杷品种香甜和解放钟及两者杂交子代优系果实香气成分分析[J]. 植物遗传资源学报, 2014, 15(4): 894-900. JIANG J M, HU W S, XU Q Z, et al. Volatiles in fruits of two loquat cultivars Xiangtian, Jiefangzhong and their two offspring selections[J]. Journal of plant genetic resources, 2014, 15(4): 894-900(in Chinese with English abstract).
- [18] 王文辉, 贾晓辉, 李静, 等. 我国梨主产区部分品种果实可溶性固形物含量和硬度分析[J]. 中国果树, 2012(4): 28-31. WANG W H, JIA X H, LI J, et al. Analysis of the soluble solid content and hardness of some varieties of pears in the main producing areas of China[J]. China fruits, 2012(4): 28-31(in Chinese).
- [19] 李跃红, 冉茂乾, 徐孟怀, 等. 不同产地刺梨果实品质分析与模糊综合评判[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(17): 202-205. LI Y H, RAN M Q, XU M H, et al. Analysis of fruit quality and fuzzy comprehensive evaluation of *Rosa roxburghii* Tratt from different habitats[J]. Journal of Anhui agricultural science, 2020, 48(17): 202-205(in Chinese with English abstract).
- [20] 魏树伟, 王少敏, 董肖昌, 等. 不同类型钾肥对‘新梨7号’果实风味品质的影响[J]. 果树学报, 2018, 35(S1): 101-108. WEI S W, WANG S M, DONG X C, et al. Effect of different K fertilizers on fruit flavor quality of ‘Xinli No.7’ pears[J]. Journal of fruit science, 2018, 35(S1): 101-108(in Chinese with English abstract).

Comparison of peel volatile profiles among *Pyrus sinkiangensis* 'Xinli No.7' and its parents

XIANG Simin¹, LIU Yuan¹, WANG Jiangbo^{2,3}, SHAO Jianzhu⁴, ZHANG Hongyan¹,
WU Cuiyun^{2,3}, TANG Zhanghu⁵, XU Juan¹

1. Key Laboratory of Horticultural Plant Biology, Ministry of Education/College of Horticulture and Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. The National and Local Joint Engineering Laboratory of High Efficiency and Superior-Quality Cultivation and Fruit Deep Processing Technology of Characteristic Fruit Trees in Southern Xinjiang/College of Plant Science, Tarim University, Alar 843300, China;

3. Xinjiang Production and Construction Corps Key Laboratory of Biological Resources Protection and Utilization in Tarim Basin, Alar 843300, China;

4. College of Horticulture, Hebei Agricultural University, Baoding 071000, China

5. National Fruits Germplasm Resources Garden of Xinjiang Academy of Agricultural Sciences in Luntai, Luntai 841600, China

Abstract The volatile compounds in the peel of Xinli No.7 collected from Alar, Xinjiang and Baoding, Hebei Province were detected with HS-SPME-GC-MS, and compared with that of *P. bretschneideri* Rehd 'Zaosu' (the male parent) and *P. sinkiangensis* 'Korla' (the female parent) collected from Alar to explore the changes of volatile profiles of hybrids. The results showed that a total of 119 volatile compounds were detected in all samples. 55, 53, 56 and 100 volatile compounds were detected in Xinli No. 7 from Xinjiang and Hebei and its parents. The total content of volatile compounds in the peel of Xinli No. 7 from Xinjiang and Hebei Provinces was 4.52 and 2.48 times that of the male parent, and 0.47 and 0.26 times that of the female parent. Compared with its parents, 8 and 42 volatile compounds were under detection level in Xinli No.7. (*E*)-2-Octenal, 1-dodecene, cedrol, 2-heptanone, 2-decanone and 1,2,4,5-tetramethyl-benzene were newly detected in Xinli No.7. (*E*)-2-Hexenal and hexanal was the highest content ingredient shared by the four. (*E*)-2-Hexenal, hexanal together with other 5 compounds in peel of Xinli No.7 were close to the high content of its parents, while the content of 30 compounds was close to the low content of its parents. In general, the types of volatile compounds in Xinli No. 7 were less than those of the parents, but 6 new types were added. The total content in hybrid was higher than that in the male parent and lower than that in the female parent. Different origin areas had an impact on the volatile profiles of Xinli No.7.

Keywords *Pyrus sinkiangensis* 'Xinli No.7'; *P. sinkiangensis* 'Korla'; *P. bretschneideri* Rehd 'Zaosu'; interspecific hybridization; volatile compounds; fruit quality; fruit flavor

(责任编辑:张志钰)